

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-335288

(43)公開日 平成10年(1998)12月18日

(51)Int.Cl. ⁴	識別記号	F I	
H 0 1 L 21/304	3 4 1	H 0 1 L 21/304	3 4 1 E
			3 4 1 M
B 2 4 B 49/12		B 2 4 B 49/12	
G 0 1 B 11/06		G 0 1 B 11/06	G

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平9-147399
(22)出願日 平成9年(1997)6月5日

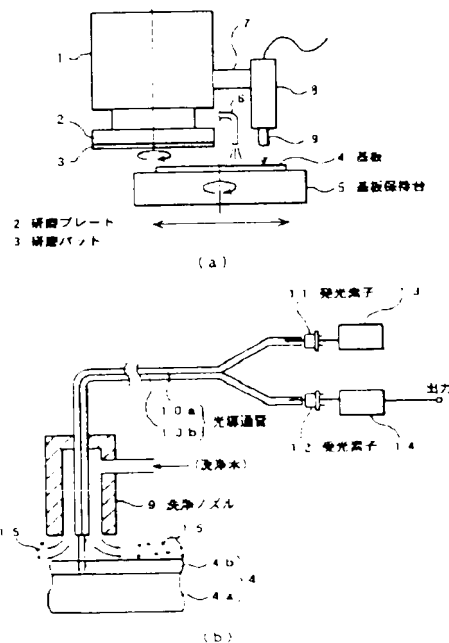
(71)出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(72)発明者 佐藤 修三
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内
(72)発明者 大島居 英
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内
(74)代理人 弁理士 船橋 國則

(54)【発明の名称】 基板研磨装置及び研磨終点検出方法

(57)【要約】

【課題】 インプロセスでの膜厚測定を光学的に実現してなる基板研磨装置において、膜厚測定用の光路をより簡易的に形成できるようにする。

【解決手段】 基板保持台5にて保持した基板4に研磨プレート2のパッド面を押し付けつつ、研磨剤の研磨作用によって基板4の表面を研磨加工する基板研磨装置において、研磨加工中における基板4の被加工面に対向可能に配設され、その被加工面から研磨剤を含む測定阻害物を除去する洗浄ノズル9と、この洗浄ノズル9による被加工面の洗浄領域に一端を対向させて配置してなる可撓性の光導通管10a、10bと、この光導通管10a、10bを通して基板4上での膜厚を光学的に測定する膜厚測定手段(11、12)とを備える。



本発明に係わる基板研磨装置の一実施形態を説明する図

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板保持台にて保持した基板に研磨プレートのパッド面を押し付けつつ、研磨剤の研磨作用によって前記基板の表面を研磨加工する基板研磨装置において、

研磨加工中における前記基板の被加工面に対向可能に配設され、その被加工面から前記研磨剤を含む測定阻害物を除去する洗浄手段と、

前記洗浄手段による前記被加工面の洗浄領域に一端を対向させて配置してなる可撓性の光導通管と、

前記光導通管を通して前記基板上での膜厚を光学的に測定する膜厚測定手段とを備えたことを特徴とする基板研磨装置。

【請求項2】 基板保持台にて保持した基板に研磨プレートのパッド面を押し付けつつ、研磨剤の研磨作用によって前記基板を研磨するにあたり、前記基板の被加工面に光を照射しつつ、その被加工面からの反射光を検出し、その検出結果に基づいて研磨終点を検出する研磨終点検出方法であって、

前記基板上に形成された透過膜を研磨する場合、多重干渉反射の原理に基づいて反射率曲線の変曲点を検出することにより、その検出時点での前記透過膜の残膜厚を算出し、次に前記反射率曲線の変曲点を検出するまでの間は時間管理により前記透過膜の残膜厚を推定することで研磨終点を検出することを特徴とする研磨終点検出方法。

【請求項3】 請求項2記載の研磨終点検出方法において、

前記反射率曲線の変曲点を検出した際に、その検出時点で算出された前記透過膜の残膜厚とその直前に検出した前記反射率曲線の変曲点の検出時点における前記透過膜の残膜厚とに基づいて直前の研磨レートを求め、この求めた直前の研磨レートを用いて、次に前記反射率曲線の変曲点を検出するまでの間の前記透過膜の残膜厚を時間管理により推定することで研磨終点を検出することを特徴とする研磨終点検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、研磨保持台にて保持した基板に研磨プレート上のパッド面を押し付けつつ研磨を行う基板研磨装置および研磨終点検出方法に関するもので、特に、半導体基板上に形成された層間絶縁膜等の透過膜を高精度に研磨する際に用いて好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体プロセス技術は、サブハーフミクロンからクォータミクロン時代に突入し、VLSIプロセスにおける平坦化技術は他の微細化加工技術と同様に、独立した要素技術の一つとして取り上げられるようになってきている。その理由は、平坦化技術が半導体素子の

高密度化・微細化にとってきわめて重要であり、デハイスのスケールダウンのための技術的な決め手とされるからである。特に、デハイス構造が3次元化し、電極配線が多層構造化するにつれてその重要性は高まりつつある。ところで近年では、半導体プロセスにおける層間絶縁膜のグローバル平坦化技術として、CMP（ケミカル・メカニカル・ポリッシング）法が注目を集めている。このCMP法に用いられる基板研磨装置は、基板保持台に装着した基板（被加工基板）と研磨プレートの研磨パッドとを互いに圧接しつつ、加工中に供給した研磨剤（スラリー）の化学的研磨作用と機械的研磨作用によって基板表面をグローバルに研磨するものである。

【0003】しかしながら、この種の基板研磨装置は、いずれも既存のポリッシング装置の延長線上のものであり、高度化する加工精度の要求を十分に満足していないのが現状である。特に、ロット内またはロット間での膜厚のバラツキについては、加工時間の設定による管理が行われているものの、単位時間あたりの研磨量（研磨レート）の変動要因、例えば研磨パッドの目詰まり、研磨加工圧、研磨剤の供給量、基板周辺の温度環境など、その時々に変動する種々の要因に対応できていない。また、加工後の膜厚を専用の測定装置（エリブノメータ等）で測定し、これを基板研磨装置にフィードバックして膜厚を制御することも行われているが、研磨済の基板から得た膜厚の測定データでも上記変動要因には対応できないため、やはりロット内またはロット間での膜厚のバラツキが生じてしまう。

【0004】そこで従来においては、時間管理によって研磨終点を検出すること以外にも、インプロセス（研磨加工中）での終点検出法として、研磨プレートを駆動するモータのトルク変動を利用した検出法や、流体マイクロメータと光ビックアップを組み合わせた検出ヘッドによる検出法が提案されている。このうち前者は、研磨終点時に被加工面の材質が変化することでの研磨抵抗の変動を利用したもので、その研磨抵抗の変動をモータトルクからモニターすることで研磨終点を検出するものである。これに対して後者は、絶縁膜の被加工面までの距離を流体マイクロメータで検出するとともに、膜厚測定の基準面となる反射面の位置を光ビックアップにより光学的に検出し、それらの差から絶縁膜の残膜を検出することで研磨終点を検出するものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら前者の場合は、研磨終点で材質変化が起こるケース（例えば、酸化膜を研磨していく過程で下地のシリコンが露出する場合など）では有効であるが、同一膜の表面の凹凸を高精度（ $\pm 100\text{nm}$ 以下程度）に平坦化したいケースでは、精度的に不十分であるうえ、研磨終点でモータトルクの変動が顕著に現れないため、実質的に研磨終点の検出ができなくなってしまう。また、後者の場合でも、研

磨加工中は基板と検出ヘッドとの間に研磨剤が介在したり、研磨屑やダストなどの異物が介在するため、光ピックアップによる反射面（測定基準面）の位置検出がきわめて困難になる。そのため、加工終了時または加工中断時のリンス中にしか終点検出が行えず、完全なるインプロセスでの膜厚測定が実現されているとは言えなかった。

【0006】そこで本発明人は、インプロセスでの高精度な膜厚測定を実現すべく、特願平3-182001号明細書にて新規な基板研磨装置を提案している。この基板研磨装置では、研磨加工中における基板の被加工面に10 対向するように膜厚測定用ヘッドを配設し、この膜厚測定用ヘッドに基板洗浄機能を持たせて被加工面から測定阻害物（研磨剤を含む）を除去しつつ、その膜厚測定用ヘッドに形成した光路を通して基板上での膜厚を光学的に測定することで研磨終点を的確に検出可能としている。

【0007】ところが先願の基板研磨装置では、上述した膜厚測定用ヘッドにフッushingヘッドを回転自在に組み込み、このフッushingヘッドの中心軸上に光路形成のための軸孔を設け、この軸孔を通して基板洗浄用の純水を供給することにより、基板の洗浄と同時に膜厚測定用の光路を確保する構成となっていたので、光路形成のためのメカ機構や光学調整が複雑かつ大掛かりなものとなっていた。また、膜厚測定用ヘッドの近傍に膜厚測定用の光学系を組み込む必要があったため、十分な設置スペースを確保できる場所でないとも膜厚測定系を組み込むことが難しかった。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、基板保持台にて保持した30 基板に研磨プレートのパッド面を押し付けつつ、研磨剤の研磨作用によって基板の表面を研磨加工する基板研磨装置において、研磨加工中における基板の被加工面に対向可能に配設され、その被加工面から研磨剤を含む測定阻害物を除去する洗浄手段と、この洗浄手段による被加工面の洗浄領域に一端を対向させて配置してなる可撓性の光導通管と、この光導通管を通して基板上での膜厚を光学的に測定する膜厚測定手段とを備えた構成となっている。

【0009】上記構成からなる基板研磨装置においては、洗浄手段による被加工面の洗浄領域に光導通管の一端を臨ませて配置するだけで膜厚測定用の光路を容易に確保することが可能となり、しかもその光導通管が可撓性を有することから膜厚測定用の光路を自在に曲げて形成することが可能となる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しつつ詳細に説明する。図1は本発明に係る基板研磨装置の一実施形態を説明する図であり、図中

（a）はその側面概略図、（b）はその要部構成を示す概略図である。

【0011】まず、図1（a）においては、主軸1の下端部に円板状の研磨プレート2が取り付けられ、その研磨プレート2の下面に例えば発砲ポリウレタン等からなる研磨パッド3が装着されている。主軸1は図示せぬ昇降機構により昇降可能に支持されている。また、主軸1の上方には図示せぬ駆動モータが配設され、この駆動モータの駆動力を受けて研磨プレート2が回転駆動する構成となっている。

【0012】これに対して、被加工物となる半導体ウエハ等の基板4は、平面視円形をなす基板保持台5の上面に例えば真空引きにより吸着保持されるようになっている。この基板保持台5は図示せぬスライドテーブルに搭載され、そのスライドテーブルとともに図中左右方向に移動可能となっている。また、基板保持台5の上方には、上記主軸1に近接して研磨剤供給用のノズル6が配設され、このノズル6から基板保持台5上の基板4表面（被加工面）に研磨剤が供給されるようになっている。

【0013】さらに、主軸1には支持アーム7を介して中空部材8が取り付けられている。この中空部材8には、図1（b）にも示すように、洗浄手段としての洗浄ノズル9が組み込まれている。洗浄ノズル9は、研磨加工中に基板4の被洗浄面に近接して対向状態に配置されるもので、図示せぬ給水系から供給される純水等の洗浄液を基板4の被加工面に向けて噴出し、これによって被加工面から研磨剤を含む測定阻害物を除去する役目を果たす。

【0014】また、中空部材8の内部には、上記洗浄ノズル9とともに、例えば2本の光ファイバからなる可撓性の光導通管10a、10bが組み込まれている。各々の光導通管10a、10bの一端側は洗浄ノズル9の内部に挿入されている。そして、洗浄ノズル9による基板4の被加工面の洗浄領域に各々の光導通管10a、10bの一端が対向するように配置されている。

【0015】一方、光導通管10a、10bの他端側は二股状に分かれており、一方の光導通管10aの他端には例えばLED-Light Emission Mode)からなる発光素子11が接続され、もう一方の光導通管10bの他端には例えばフォトダイオードからなる受光素子12が接続されている。さらに、発光素子11にはこれを駆動するための電源13が接続され、受光素子12にはその出力信号を増幅させるためのアンプ14が接続されている。これらの発光素子11および受光素子12は、光導通管10a、10bを通して基板4上の膜厚を光学的に測定する膜厚測定手段となるものである。

【0016】続いて、上記構成からなる基板研磨装置を用いて基板4を研磨する場合の手順について説明する。まず、研磨加工にあたっては、基板保持台5の上面に基板4をセットしたのち、研磨プレート2と基板保持台5

とをそれぞれ同方向に回転させる。次に、図示せぬスライドテーブルとともに基板保持台5を水平移動し、これによって研磨プレート2の下方に基板保持台5を配置する。このとき、研磨プレート2に装着された研磨パッド3と基板保持台5にセットされた基板4とが対向した状態となるため、この状態でノズル6から研磨剤を供給しつつ、主軸1とともに研磨プレート2を下降させる。

【0017】これにより、研磨プレート2と基板保持台5とか互いに同方向に回転した状態で、研磨パッド3が基板4の被加工面に所定の圧力で押し付けられる。このとき、基板保持台5が回転しながら図中左右方向に往復移動する。これにより、ノズル6から供給された研磨剤は、基板保持台5の回転によって基板4の被加工面上に拡散し、さらに基板4が研磨パッド3に圧接しつつ相対移動することで研磨剤が両者の間（圧接界面）に巻き込まれる。その結果、研磨パッド3と基板4とが研磨剤を介して擦れ合うようになるため、基板4の被加工面が研磨剤の化学的研磨作用と機械的研磨作用とによって研磨される。

【0018】この研磨加工中においては、先述した主軸1の下降動作に伴って洗浄ノズル9の先端部（洗浄液の噴出口）が基板4の被加工面に近接して対向配置され、この状態で洗浄ノズル9から洗浄液が噴射される。この洗浄液の噴射に伴い、洗浄ノズル9と対向する基板4の局部領域（洗浄領域）では、ノズル6から供給された研磨剤や研磨加工で発生する研磨屑、さらには研磨中に混入する異物等の測定障害物15が除去される。これにより研磨加工中においては、洗浄ノズル9と対向する基板4の局部領域が、測定障害物15の介在しない清浄な状態に保持されるようになる。

【0019】こうして清浄な状態に保持された基板4の局部領域に対しては、電源13からの電力供給に伴う発光素子11の駆動により、その発光素子11から出射された光が一方の光導通管10aを通して基板4の被加工面に照射される。その際、被加工面で反射した反射光（戻り光）は他方の光導通管10bを通して受光素子12により受光される。このとき受光素子12からは、反射光の強さに応じた電気信号が出力され、さらにその出力信号がアンプ14で所定のレベルに増幅されて図示せぬ装置制御系に出力される。この出力信号に基づいて装置制御系では、例えば基板4のベースとなるシリコン基板4a上の所定膜4bの膜厚情報を取得し、その取得した膜厚情報が規定の膜厚に達した時点で研磨終点と判断し、研磨加工を終了する旨の制御信号を出力する。

【0020】そうすると、主軸1とともに研磨プレート2が上昇したのち、研磨プレート2と基板保持台5の回転が停止する。また、ノズル6からの研磨剤の供給と洗浄ノズル9からの洗浄液の噴射も停止する。これにより、基板4の被加工面から研磨パッド3が離間した状態となるため、この状態で図示せぬスライドテーブルと

ともに基板保持台5が初期位置に戻り、この時点で基板1枚あたりの一連の研磨加工が終了となる。ちなみに、研磨加工前の半導体ウエハの状態では、その膜厚分布が均一ではなく通常数%程度のバラツキをもっている。したがって、回転するウエハ上の膜厚を測定する場合は、受光素子12からの出力信号も数%程度変動したものとなるため、実際には平均化等の信号処理を施す必要がある。

【0021】このように本実施形態の基板研磨装置においては、洗浄ノズル9による被加工面の洗浄領域に光導通管10a、10bの一端を臨ませて配置するだけで、膜厚測定用の光路を容易に確保でき、しかもその光導通管10a、10bが可撓性を有することから膜厚測定用の光路を自在に曲げて形成することができる。これにより、光路形成のための複雑なメカ機構や面倒な光軸調整等が不要になるとともに、基板研磨装置のいずれの箇所に対しても光導通管10a、10bを組み込むことで容易に膜厚測定用の光路を確保することが可能となる。また、光導通管10a、10bの管内では、外部と完全に遮断された状態で光が誘導されることから、外乱光等のノイズに対しても十分に強い膜厚測定系（光学系）を構築することができる。さらに、光導通管10a、10bを適宜曲げて取り付けることにより、膜厚測定のための光学素子（発光素子11、受光素子12等）やその付属機器（電源13、アンプ14等）の取付位置を任意に設定することができるため、設置スペースの制約が大幅に緩和される。これにより、各種の基板研磨装置（CMP装置）に対して、所望の位置に容易に膜厚測定系を搭載することが可能となる。

【0022】図2は基板研磨装置に対する膜厚測定系の搭載例を示す図である。先ず、図2（a）の搭載例においては、基板研磨装置の固定ベース16に支持アーム17を介して中空部材8が支持されており、この中空部材8の下端からノズル先端部を突出した状態で洗浄ノズル9が取り付けられている。また、洗浄ノズル9には、先の図1（b）と同様に光導通管10a、10bの一端側が挿入配置されている。そして、研磨加工中においては、基板保持台5に保持された基板4に近接したかたちで洗浄ノズル9の先端部が対向配置され、上記同様に光導通管10a、10bを介した光学測定により基板4上の膜厚が測定される構成となっている。

【0023】これに対して、図2（b）の搭載例においては、基板保持台5を搭載してなるスライドテーブル19に支持アーム20を介して中空部材8が支持され、この中空部材8に先の図1（b）と同様に洗浄ノズル9及び光導通管10a、10bが組み込まれた構成となっている。

【0024】一方、図2（c）の搭載例では、基板保持台5の下面側に吸着保持した基板4を、その基板直径の2倍強の直径を有する研磨プレート2上の研磨パッド3

に上方から押し当てるタイプの基板研磨装置に対して、研磨プレート2に洗浄ノズル9を埋設し、研磨加工時に研磨プレート2と基板保持台3とが回転した際に洗浄ノズル9の先端部が基板4に近接して対向する構成となっている。

【0025】このうち、図2(a)の搭載例では、固定ベース16によって位置的に固定された洗浄ノズル9に対して、研磨加工中に基板保持台5が回転しながら図中矢印方向に往復移動することから、膜厚測定に際しては、図3(a)に示すように、基板4の被加工面を全面にわたってスパイラル状にモニターすることができ、また、基板4の被加工面上での膜厚測定ポイントについては、基板保持台5の往復移動方向における位置とその回転角度から算出することで特定することができる。こうした点は、先の図1に示した基板研磨装置についても同様のことが言える。

【0026】これに対して、図2(b)の搭載例では、基板保持台5を搭載したスライドテーブル19が往復移動した際、これと一体になって洗浄ノズル9が移動することから、研磨加工中においてはスライドテーブル19の移動方向において基板4と洗浄ノズル9との相対位置が一定に保持される。これにより、膜厚測定に際しては、図3(b)に示すように、基板4の中心から所定量だけ離れた同心円上の位置を常にモニターすることができ、また、図2(b)において、基板保持台5の直径方向に対して中空部材8を移動可能に支持することにより、基板4の直径方向において膜厚測定ポイントを任意の位置に変更することが可能となる。こうした測定環境では、デバイスパターンを有する半導体ウエハを研磨する際に常に特定の部分をモニターすることで、パターン下地(シリコン、配線アルミ等)の影響を受けずに膜厚を光学的に測定することが可能となる。また、半導体ウエハのエッジ部分は他の部分よりも過剰に研磨されてしまう場合もあるため、そうした過剰研磨を未然に防止するためのモニターとしても有効に利用することができる。

【0027】一方、図2(c)の搭載例では、研磨プレート2が一回転するたびに、これに埋設された洗浄ノズル9

がそれぞれ異なる軌跡で基板4の被加工面上を通過することから、膜厚測定に際しては、図3(c)に示すように、基板4の被加工面を全面にわたってランダムにモニターすることができ、

【0028】ところで、半導体ウエハの製造工程においては、図4(a)に示すように、シリコン基板20上にパターン形成した凹凸状の層間絶縁膜21の上に、例えば銅(Cu)からなる金属膜22を積層し、その金属膜22の凹凸部分をCMP装置で平坦化研磨したり、図4(b)に示すように、シリコン基板23上にパターン形成した金属配線24の上に層間絶縁膜25を積層し、その層間絶縁膜25の凹凸部分をCMP装置で平坦化研磨し、これらの組み合わせによって多層配線構造を実現している。

【0029】その際、図4(a)に示すように金属膜22等の反射膜を研磨する場合は、これを研磨していく過程で下地材料の層間絶縁膜21が露出し、これによって被加工面での反射率が大きく変化することから、その変化点を検出することで研磨終点を的確に検出することができる。

【0030】これに対して、図4(b)に示すように層間絶縁膜25等の透過膜を規定の膜厚になるように研磨する場合は、その研磨過程において上述のように反射率が大きく変化する点が現れないため、そうした場合は以下のように多重干渉反射の原理に基づき計算式から膜厚を求め、これによって得られた膜厚が規定の膜厚に達した時点で研磨終点と判断する。

【0031】図5は多重干渉反射法に基づき膜厚測定の原理を説明するための図である。

まず、λ：波長

φ：入射角

d：膜厚

F：膜の屈折率

S：下地(シリコン)の屈折率

とすると、多重干渉反射の式により反射率：Rは以下の数1式のように表される。

【0032】

【数1】

$$R = \frac{(1-F^2) \cdot (F^2+S^2) + 4 \cdot F^2 \cdot S \cdot (1-F^2) \cdot (F^2-S^2) \cdot \cos D}{(1-F^2) \cdot (F^2+S^2) + 4 \cdot F^2 \cdot S \cdot (1-F^2) \cdot (F^2-S^2) \cdot \cos D}$$

【0033】さらに上記数1式を展開すると、以下の数

2式のようになる。

※【0034】

※【数2】

$$\cos D = \frac{R \cdot [(1-F^2) \cdot (F^2+S^2) + 4 \cdot F^2 \cdot S] - [(1-F^2) \cdot (F^2+S^2) - 4 \cdot F^2 \cdot S]}{(1-R) \cdot (1-F^2) \cdot (F^2-S^2)}$$

【0035】ここで、 $D = 4 \cdot \pi \cdot d \cdot (F^2 + S^2) \cdot \sin^2 \phi / \lambda$ であり、垂直入射の場合($\phi = 0^\circ$)の $D = 4 \cdot \pi \cdot d \cdot F^2 / \lambda$ を上記数2式に代入すると、膜厚：dは以下の数3式となり、各々の屈折率が既知であ

ば、反射率：Rの関数として算出することができ、

【0036】

【数3】

$$d = \frac{\lambda}{4\pi \cdot F} \cdot \cos^{-1} \frac{R \cdot [(1+F^2) \cdot (F^2+S^2) + 4 \cdot F^2 \cdot S] - [(1-F^2) \cdot (F^2+S^2) - 4 \cdot F^2 \cdot S]}{(1-R) \cdot (1-F^2) \cdot (F^2+S^2)}$$

【0037】但し、数3式において \cos^{-1} は周期 2π の関数であるため、一つの反射率から膜厚 d の解が $\lambda/2F$ おきに複数個存在することになる。そこで、それらの複数個の解を、以下に述べる(1)～(4)のいずれかの方法で1個の解に限定して膜厚 d を特定する。

- (1) 公差範囲の限定により特定する方法
- (2) 2波長を用いた測定により特定する方法
- (3) 偏光によるP偏光成分とS偏光成分の反射率変化から特定する方法

(4) 入射角変化による反射率変化から特定する方法
【0038】ここで、上述のように層間絶縁膜等の透過膜を研磨する場合、研磨終点を的確に検出するには、細かい時間刻みで膜厚をリアルタイムに測定する必要がある。そうした場合、膜厚算出のための演算についてもその時間刻みに対応して頻繁に行うことになるため、演算処理が非常に複雑になってしまう。そこで本発明においては、後述するような方法によって研磨終点を検出することとした。

【0039】まず、透過膜の膜厚を多重干渉反射の原理に基づいて光学的に測定する場合、その反射率曲線は干渉縞の存在によって正弦波となる。このとき、反射率曲線の変曲点(ピーク、ボトム)の間隔は、 $\lambda/4 \cdot N \cdot f$ (λ : 発光波長、 $N \cdot f$: 膜の屈折率)で表されるから、その間の膜厚は膜種と発光源に依存したものととなる。図6及び図7は発光源での発光波長が632.8nmと685nmの場合において、それぞれの膜種ごとに膜厚と反射率の関係を示すもので、図6(a)はSiO₂(窒化シリコン)/Si(シリコン)からなる膜種、図6(b)はP-Si(ポリシリコン)/SiO₂(酸化シリコン)からなる膜種、図7(a)はSiO₂/P-Siからなる膜種、図7(b)はP-Si/SiO₂からなる膜種の場合の反射率曲線を示している。これらの図からも、反射率曲線の変曲点間(ピークとボトムの間)における膜厚が、膜種と発光源に依存することが理解できる。

【0040】図8は膜種ごとに発光波長と変曲点(ピークボトム)間膜厚の関係を表形式で示したものである。ここで、膜厚測定の対象となる膜種がSiO₂で、かつ発光波長が660nmのLEDを採用した場合、その反射率曲線のピーク・ボトム間の膜厚は113.32nmとなって求まる。したがって、基板研磨中においては、反射率曲線の変曲点(ピーク、ボトム)を検出することにより、基板の膜厚を113.32nmの厚みピッチで正確に求めることが可能となる。

【0041】ちなみに、反射率曲線の変曲点を検出するにあたっては、その中心波長さえ安定していれば良いため、特に波長安定性に優れた高価なHe-Neレーザ等

を採用しなくても、図9に示すように、その中心波長となる660nmで安定した発光強度が得られるコヒーレンスの低い汎用LEDで充分に対応できる。

【0042】そこで本発明の方法では、研磨加工中に多重干渉反射の原理に基づいて反射率曲線の変曲点を検出することにより、上述した計算式にしたがってその検出時点での透過膜の残膜厚を算出するとし、その後、反射率曲線の変曲点を検出されるまでの間、つまり透過膜の膜厚がその膜種と発光波長に対応した膜厚分だけ減少するまでの間は、透過膜の膜厚算出を行わず、その間は時間管理によって透過膜の残膜厚を推定することで研磨終点を検出することとした。

【0043】ここで、例えば基板研磨装置の性能によって決まる研磨量の時間的な変動(研磨レートの変動)が±5%であるとする、この変動成分は図10に示すように基板(ウェハ)を一枚研磨するごとに現れるため、単に時間管理だけで研磨終点を検出すると、例えば1000nmを研磨加工する際の加工量絶対値の誤差は±50nmにもなってしまう、こうした加工誤差は、加工量(加工時間)が増大するほど大きくなり、また連続して多数枚の基板を研磨する場合はさらに大きな誤差となって現れる。

【0044】これに対して本発明の方法では、反射率曲線の変曲点の検出による膜厚算出と時間管理との組み合わせによって研磨終点を検出するようにしているため、膜厚算出のための演算処理は反射率曲線の変曲点を検出したときだけ行えばよく、またその検出時点で透過膜の残膜厚を正確に把握できることから、反射率曲線の変曲点(ピーク・ボトム)間の膜厚ピッチ毎に区切って透過膜の残膜厚を時間管理により推定することで、研磨終点を的確に検出することが可能となる。その結果、膜厚算出のための演算処理を頻繁に行わなくても、加工量や加工枚数にかかわらず、加工量絶対値の誤差を格段に小さくすることができ、

【0045】このことから、例えばSiO₂膜を1000nmだけ研磨加工する場合、装置性能による研磨レートの変動が±5%であったとしても、発光波長が660nmのLEDを採用した場合の反射率曲線のピーク・ボトム間の膜厚が113.32nmであるため、この膜厚ピッチ毎に区切って時間管理することで加工量絶対値の幅を113.32以内には抑えることができる。これを加工量絶対値の精度に換算すると、±0.53%となることから、装置性能の10分の1以下の精度で加工量絶対値を管理できることになる。

【0046】さらに好適な方法としては、上述の如く、多重干渉反射の原理に基づいて反射率曲線の変曲点を検出した際に、その検出時点で算出された透過膜の残膜厚と

その直前に検出した反射率曲線の変曲点の検出時における透過膜の残膜厚とに基づいて直前の研磨レートを求め、この求めた直前の研磨レートをを用いて、次に反射率曲線の変曲点を検出するまでの間の透過膜の残膜厚を推定することによって研磨終点を検出することにより、加工量絶対値の幅を小さくすることができる。

【0047】具体的には、反射率曲線の変曲点を順次検出していく過程で、任意の検出時点で算出された透過膜の残膜厚が「 d_1 」で、その次の検出時点で算出された透過膜の残膜厚が「 d_2 」で、その間の所要時間が「 t 」であった場合、時間「 t 」における研磨レートを「 $(d_1 - d_2) / t$ 」により求める。その後、反射率曲線の変曲点を検出するまでの間は時間管理により透過膜の膜厚を検出することになるが、その時間管理の際に上述の如く求めた研磨レートを採用することで、装置性能による研磨レートの変動分を最小限に抑えることができるため、加工量絶対値の精度をより一層向上させることが可能となる。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように本発明の基板研磨装置によれば、洗浄手段による被加工面の洗浄領域に光導通管の一端を臨ませて配置するだけで膜厚測定用の光路を確保でき、しかもその光導通管が可撓性を有することから膜厚測定用の光路を自在に曲げて形成することができる。これにより、光路形成のための複雑なメカ機構が不要になるとともに、基板研磨装置のいずれの箇所に対*

*しても光導通管を組み込むことで容易に膜厚測定用の光路を確保することが可能となる。また、光導通管の可撓性を利用して膜厚測定手段の取付位置を任意に設定することが可能となるため、設置スペースの制約も大幅に緩和される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる基板研磨装置の一実施形態を説明する図である。

【図2】基板研磨装置に対する膜厚測定系の搭載例を示す図である。

【図3】図2の搭載例に対応した膜厚測定のモニター状態を示す図である。

【図4】測定対象となる膜構造の一例を示す図である。

【図5】膜厚測定原理を説明するための図である。

【図6】膜厚と反射率の関係を示す図（その1）である。

【図7】膜厚と反射率の関係を示す図（その2）である。

【図8】発光波長と変曲点間膜厚の関係を示す図である。

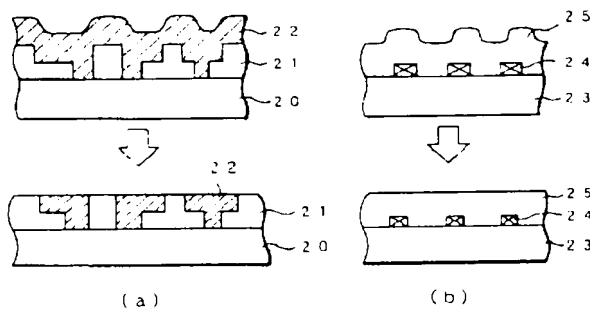
【図9】LEDの発光波長の一例を示す図である。

【図10】研磨レートの変動例を示す図である。

【符号の説明】

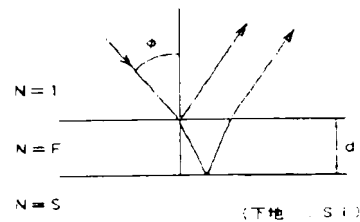
2…研磨プレート、3…研磨パッド、4…基板、5…基板保持台、9…洗浄ノズル、10a、10b…光導通管、11…発光素子、12…受光素子

【図4】



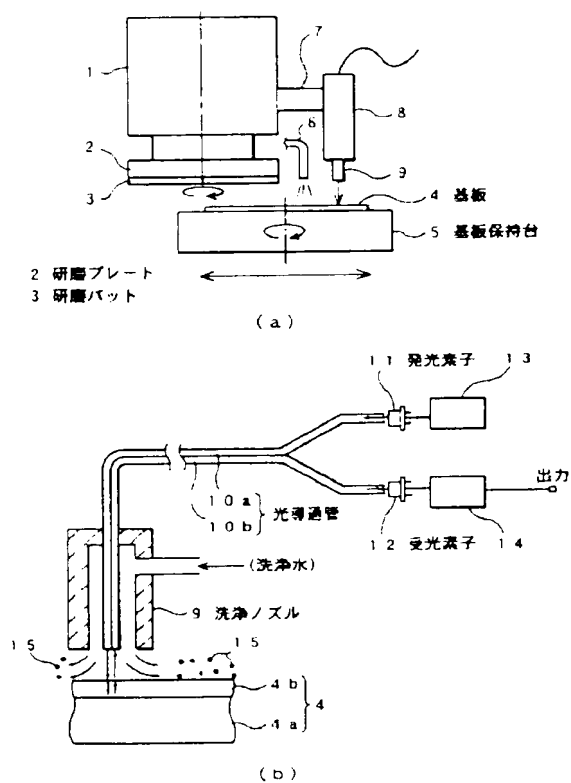
膜構造の一例を示す図

【図5】



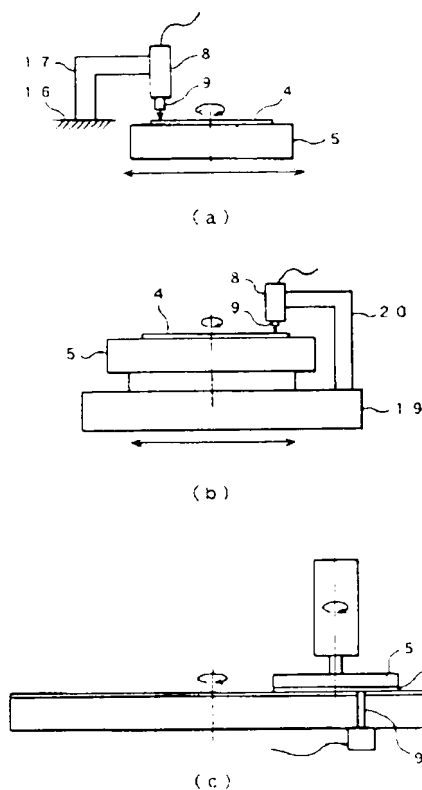
膜厚測定原理を説明するための図

【図1】



本発明に係る基板研磨装置の一実施形態を説明する図

【図2】



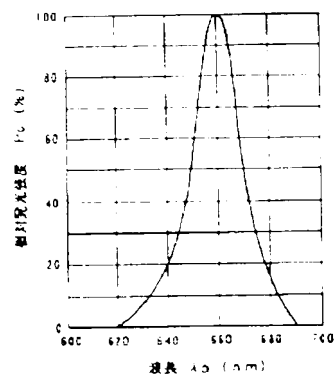
膜厚測定系の搭載例を示す図

【図8】

膜種	屈折率 (n _r)	波長 <nm>	ピークボトム膜厚 <nm>
SiO ₂	1.456	632.8 (He-Ne)	108.65
		660 (LED)	113.32
Si ₃ N ₄	1.987	632.8 (He-Ne)	79.62
		660 (LED)	83.04
P-Si (ポリシリコン)	2.000	632.8 (He-Ne)	79.10
		660 (LED)	82.50

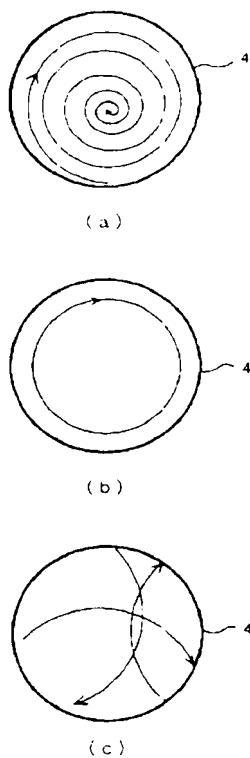
発光波長と変曲点膜厚の関係を示す図

【図9】



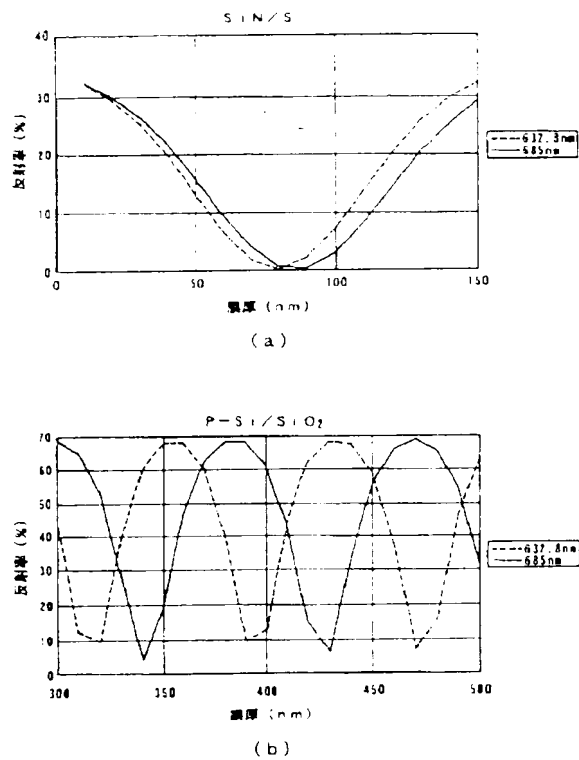
LEDの発光波長の一例を示す図

【図3】



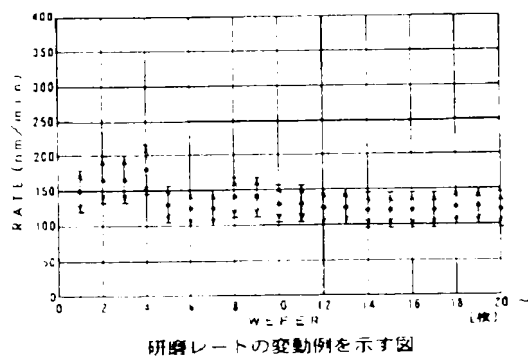
膜厚測定モニター状態を示す図

【図6】

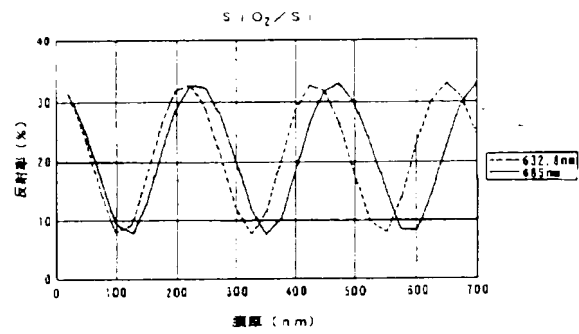


膜厚と反射率の関係を示す図 (その1)

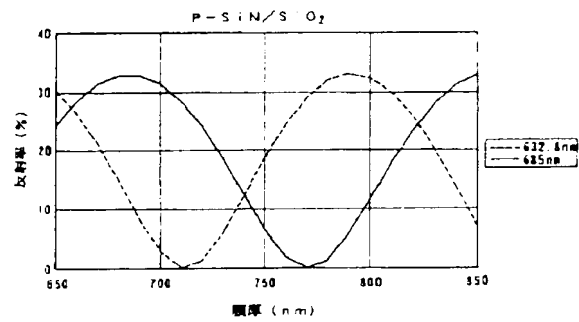
【図10】



【図7】



(a)



(b)

膜厚と反射率の関係を示す図 (その2)